

土鍋爐設計与制造的 几点意見

第一机械工业部第八局編



机械工业出版社

編者：第一机械工业部第八局

NO. 2894

1959年3月第一版 1959年3月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字数 12 千字 印張 $7/16$ 0,001—5,050 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业
許可証出字第008号

統一書号15033·1724

定 价 (9) 0.10 元

一 前 言

随着我国工农业的大跃进，电力的需要迅速增加。但目前已有的发电量还远远不能满足工农业的要求，即使正在新建的电站全部投入运转，亦不能全部满足要求。为了保证工农业生产的跃进再跃进，必须很快解决电力紧张的矛盾。为了解决这个矛盾，党提出了“全民办电、大洋群与小土群相结合、大搞群众办电”运动的两条腿走路的方针。

为了贯彻党全民办电的方针，水利电力部在1958年11月20日在大连市首次召开了全民办电现场会议，交流了全民办电的经验，会上介绍了各地办电的情况及经验。旅大市仅一个月就办了十万千瓦，基本上解决了严重的缺水情况，使生产有更大跃进的可能，显示了全民办电的巨大力量。并为1959年全民办电作好准备。

用土锅炉和土汽轮机发电，易为广大群众所掌握，可以有效地解决办电土设备的供应问题，且可以多快好省地开展全民办电运动。

土锅炉的主要特点是：

1. 结构简单、易于制造；
2. 操作管理方便、维护检修容易；
3. 就地取材、因地制宜；
4. 代用材料、节约金属。

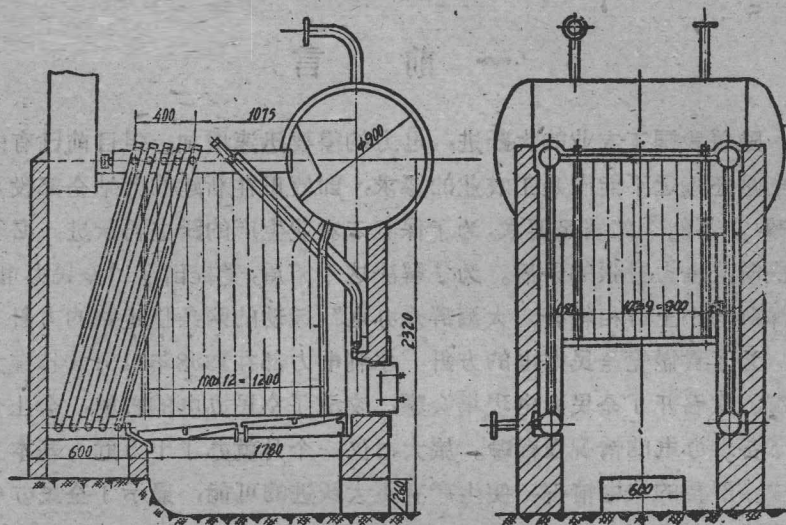
为了帮助各地制造土锅炉，开展全民办电运动，我们除介绍几种土锅炉的结构特点以外，并就土锅炉的结构型式和设计计算提出一些意见以供参考。

二 介绍几种土锅炉

下面就全民办电现场会议上提出的几种土锅炉进行简单的介绍：

1. 锦州机械一厂 角管式锅炉（图一）

额定出力	75马力	蒸发量	800公斤/小时
工作压力	13公斤/公分 ²	过热温度	280°C



圖一 75馬力角管鍋爐簡圖。

受熱面積 30公尺² 爐篦面積 1.8公尺²

鍋爐本体是由燃燒室、水冷壁、沸騰管束、蒸汽過熱器、省煤器及汽包等組成。

燃燒室的四周排列着水冷壁管，用以吸收燃燒時放出的輻射熱；水冷壁是用 $\phi 51$ 公厘的鋼管組成，分為前後及兩側四個部分。爐篦是鑄鐵爐條并成，架設在灰坑上。爐條之間留有一定間隙以作為燃燒時空氣通道，同時也作為燒完後煤灰落入灰坑的過道；灰坑可用磚砌在地面上或在地下挖出灰坑。

蒸汽進熱器是布置在第二煙道之間，而省煤器則裝置在煙道的最後側。

汽包是由鋼板卷制，上部為容汽室，下部儲水。水經下降管到水冷壁及沸騰管束等受熱面，吸收熱量後部分蒸發。汽水混合物由上聯箱進入汽包，而蒸汽由集汽管引出；水在汽包內再進行循環。由於各單獨循環迴路彼此相聯，所以水的循環較複雜。

汽包下部兩端均有一根 $\phi 140$ 公厘的下降管，每根降水管下端有

φ83公厘的鋼管作为側水冷壁的下联箱。在联箱上由φ51公厘的一排鋼管构成側水冷壁，将汽水混合物引入汽包的上联箱，它的直徑为83公厘。下降管之間又有一根鋼管連接，在这鋼管上由φ51公厘的一排鋼管組成前頂部水冷壁。后水冷壁是φ51公厘管子組成，是沸騰管束靠爐室的第一排管子。

沸騰管束受热面在后水冷壁的后方并与其平行順排。每排管束均有上、下两根通联管分別与側水冷壁的上、下联箱連接。

烟氣在爐室內以輻射傳热方式傳給水冷壁后，进入沸騰管束所在的烟道內，并以对流傳热方式傳給沸騰管束。在沸騰管束的前排下部及后排上部有擋烟牆。烟氣橫向流經沸騰管束，然后順流冲刷，出口处又呈橫向冲刷，以提高傳热效率。

該鍋爐的优点是：

- 1) 大部分采用直管，制造簡單，易于清垢；
- 2) 在鍋爐总高度不高的情况下，爐室相当高，有利于燃燒；
- 3) 設有水冷壁吸收輻射热，耐火磚可用紅磚代替；
- 4) 結構紧凑，用管子作支承代替鋼架，节省材料。

缺点是：

- 1) 手孔絲扣易生銹，且易漏水，所需机械加工量亦大；
- 2) 鍋爐直管作为支承，因此剛性較大，易因热脹冷縮而使焊縫破裂；

- 3) 水循环較复杂，且下降管截面較小故不太安全。

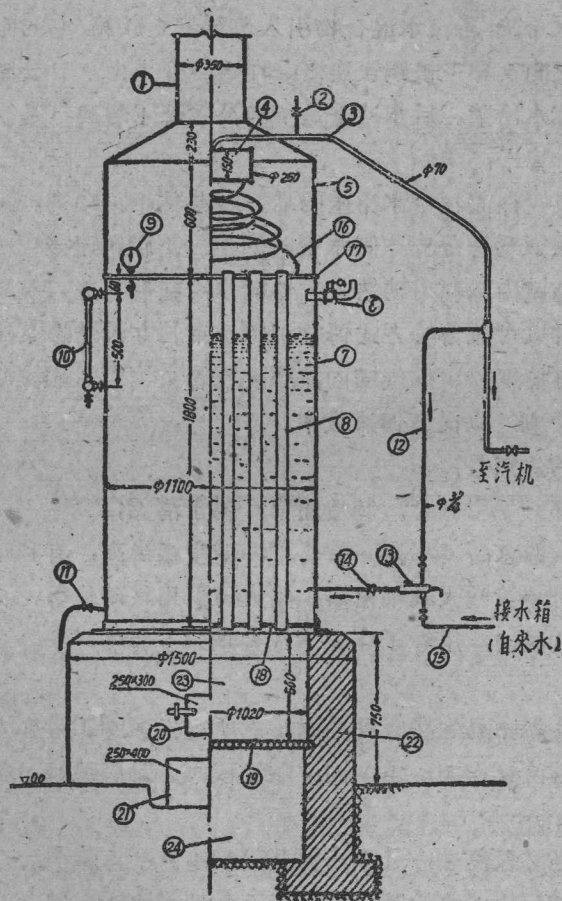
这种鍋爐采用了水冷壁，因此能有效地吸收輻射热，是一种較好的單汽包直水管式鍋爐。它特别适用于鋼管較多但料头短的企业。

2. 沈阳动力机校 立式烟管鍋爐 (圖二)

蒸發量	400公斤/小时	出力	20瓩
工作压力	8~10公斤/公分 ²	过热溫度	200°C
受热面	20公尺 ²	爐篦面积	0.8公尺 ²

鍋爐本体由燃燒室、烟管、汽包及过热器組成。

燃燒室用磚砌成，四周无水冷壁。汽包由鋼板卷焊，它的兩



圖二 火管式土鍋爐：

- ①烟筒；②空氣門（及導管）；③供汽管；④小汽包；⑤烟箱；⑥安全門；
 ⑦爐體；⑧火管；⑨壓力表；⑩水面計；⑪放水門（及放水管）；⑫蒸汽導
 管；⑬汽水抽；⑭給水管（及逆止門）；⑮生水管；⑯過熱器管；⑰上管板；
 ⑱下管板；⑲爐條；⑳爐門；㉑灰門；㉒磚砌基礎；㉓火室；㉔灰室。

端用平孔板連接，兩端平孔板間嵌有烟管；烟管作為烟气引出燃燒室的通道，而且也是鍋爐的主要受熱面。烟气經烟管流到上部烟道。在烟道中放有螺旋狀過熱器。在過熱器中蒸汽被加熱到 200°C 。

該鍋爐的優點是：

- 1) 水容積較大，易于適應負荷的變動；
- 2) 不用鋼架，節省鋼材；
- 3) 採用直煙管，易于製造安裝及清除積灰。

缺點是：

- 1) 爐室高度小，不利于燃燒；
- 2) 效率比較低；
- 3) 金屬耗量大，費鍋爐鋼板較多；
- 4) 水垢不易清除，受熱面維護不便；
- 5) 煙管外部汽水交界面處易被氧氣腐蝕，致使煙管穿透而漏水；
- 6) 由于熱脹冷縮，孔板及煙管處的焊縫易生裂紋，引起漏水。

這種鍋爐結構簡單，製造亦比較方便，煙管為直管。主要是焊接工藝，機械加工量不大，在缺少鋼管而有鋼板的情況下，可以考慮採用。但因缺點較多故不作推薦。

3. 沈陽電機廠 斜沸騰管束水管鍋爐（圖三）

蒸發量	2500公斤/小時	工作壓力	10公斤/公分 ²
過熱溫度	250°C	受熱面	87公尺 ²

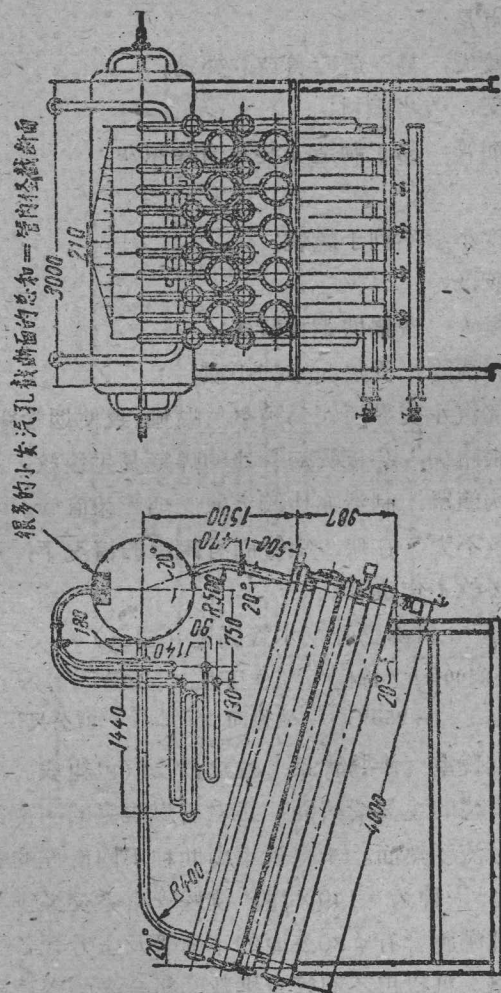
鍋爐本體由燃燒室、沸騰管束、過熱器及汽包組成。

沸騰管束是鍋爐的主要受熱面，正對着燃燒室的一部分是輻射受熱面，其餘都為對流受熱面。沸騰管束由兩種不同直徑的管子組成，一種為 $\phi 250$ 公厘；一種為 $\phi 140$ 公厘。沸騰管束交叉排列以增加對流傳熱效率。每排沸騰管有 $\phi 80$ 公厘的下降管及上升管各一根，自成一個獨立的循環迴路。可以用不同管束排數的組合來改變蒸發量。每根管子都有塞頭，便于清洗水垢。

水由汽包經下降管到沸騰管束。汽水混合物經上升管回到汽包。蒸汽再引入位于沸騰管束後的過熱器中過熱。

該鍋爐的優點是：

- 1) 效率較高；
- 2) 直管易于清除水垢；



- 3) 上升管和下降管用法藍連接，便于更換管束；
- 4) 交錯排列，對流傳熱效果好；
- 5) 水循環較有規律，運行可靠。

缺点是：

- 1) 燃燒室高度不够，影响燃燒效果；
- 2) 汽水混合物在上升管内系水平进入汽包，且受热，容易引起汽

水分層現象，將管子燒壞；

3) 总的高度比較高；

4) 沸騰管的直徑太大，金屬利用率低；

5) 需用鋼架支持；

6) 每組沸騰管束以連通管連接，易造成死角，使蒸汽无法引出而腐蝕鋼管；

7) 无水冷壁不能有效地利用輻射热；

8) 汽包受熱，因此不能不用鍋爐鋼板。

这种鍋爐比立式烟管鍋爐要好，效率較高，但因采用的管子直徑較大，故傳熱較差，这是它的缺点。

对上述缺点加以适当的改进后，这种鍋爐的适用性就大大增加。

4. 大連閘門厂 斜沸騰管束水管鍋爐 (圖四)

蒸發量	1000公斤/小时	工作压力	7公斤/公分 ²
蒸汽溫度	飽和溫度(164℃)	受熱面积	22.12公尺 ²
爐床面积			2.16公尺 ²

鍋爐由燃燒室、水冷壁、沸騰管束及汽包等組成。

燃燒室用磚砌成，兩側牆排列着水冷壁管。爐篦由鑄鐵爐條并成。

每側水冷壁由三根与水平綫成 10° 傾角的 $\phi 103$ 公厘管子組成，管子兩端均有聯通管互相連接，并有上升管及下降管与汽包連接，形成了側水冷壁的水循环迴路。

沸騰管束受熱面由 $\phi 89$ 公厘及 $\phi 103$ 公厘鋼管組成。共有三排，上面一排是 6 根 $\phi 89$ 公厘的鋼管，中間一排是 2 根 $\phi 89$ 公厘和 5 根 $\phi 103$ 公厘的，下排 8 根都是 $\phi 103$ 公厘的。每根管子各有一根上升管和下降管分別与两个 $\phi 141$ 公厘的聯箱联接。聯箱除直接与汽包連接外，聯箱之間也有聯通管。这样在結構及加工上均比較复杂，水循环也复杂化了。每根管子与汽包成一大水循环迴路之外尚可能与聯箱、聯通管成再循环迴路。

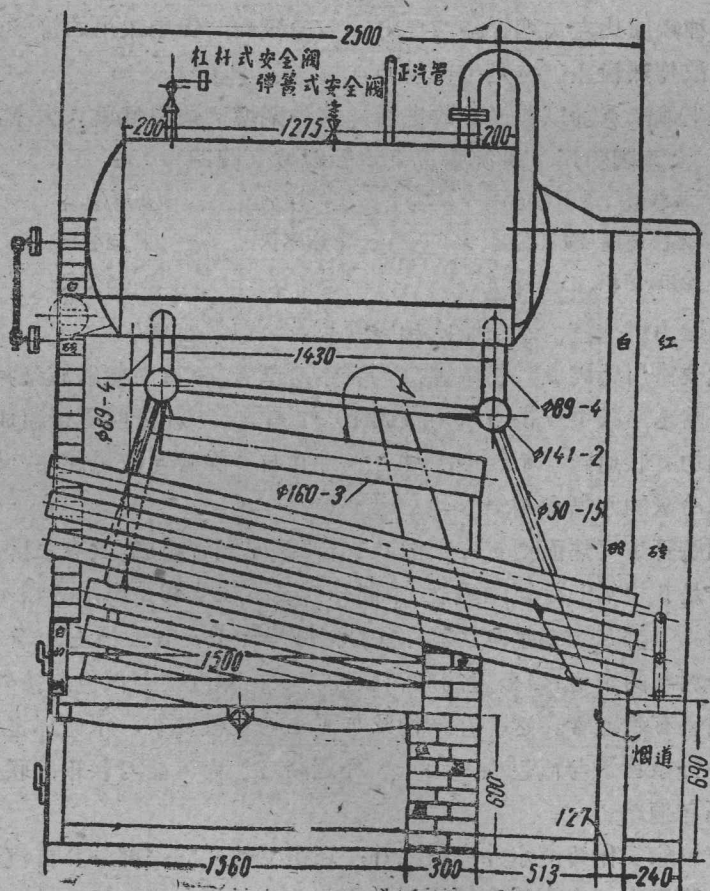
汽包除了作为汽水分离器之外，还是受熱面的一部分。自汽包出来的蒸汽經由一个大的弯管干燥后再引入汽輪机。

該鍋爐的優點是：

- 1) 設有水冷壁可有效地吸收輻射熱；
- 2) 沸騰管交叉排列傳熱較好；
- 3) 採用直管易于製造。

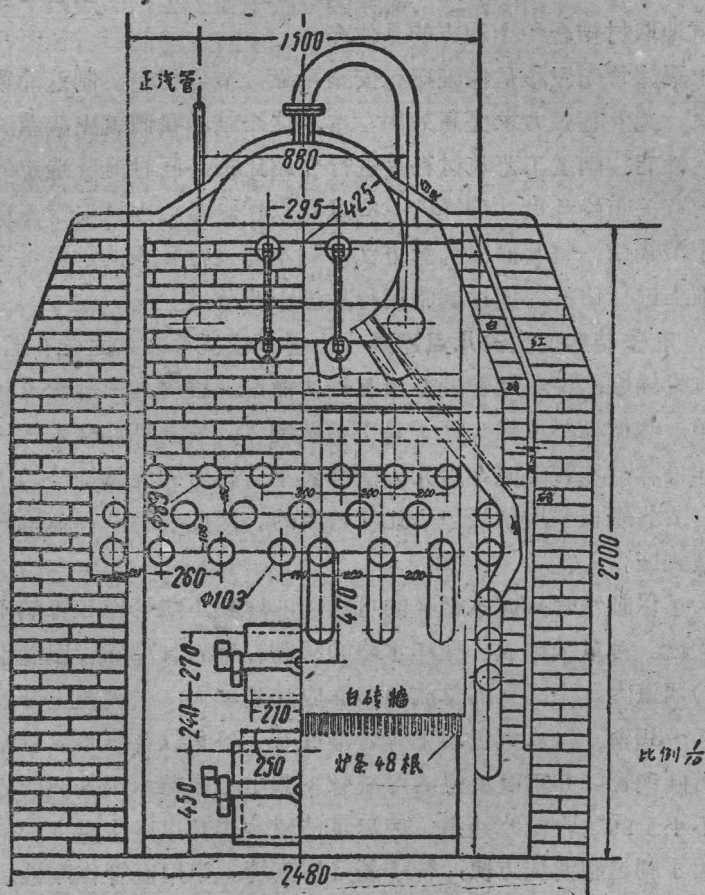
缺點是：

- 1) 無手孔門不便清洗水垢；
- 2) 連接管路過多，金屬消耗大；



- 3) 汽水上升管联箱受热, 易引起事故;
- 4) 下降管受热, 不利于水循环的稳定;
- 5) 燃烧室高度不够, 影响燃烧效果;
- 6) 鍋爐需用鋼架支承且外形較大;
- 7) 用普通鋼板制造的汽包与火焰接触, 对鍋爐的安全运行不利。

該鍋爐与沈阳电机厂的比較起来, 加装了水冷壁是有利的, 但循



环迴路过于复杂，这两种型式近似的鍋爐所采用的管徑都偏大了一些。总的說来沈阳电机厂的鍋爐如能吸收大連厂加装水冷壁的优点并略加改进后，是相当好的一种型式。

三 有关土鍋爐結構型式及設計計算 的几点建議

上面我們已分別对四种土鍋爐的結構，优缺点等作了闡述。制造土鍋爐采用那一种型式，除力求滿足一定基本要求外，主要应因地制宜，就地取材結合各个地方的具体条件。

土鍋爐首先應該是保証运行安全可靠，节省材料，制造簡單，檢修方便。此外也应力求提高效率。本着这个精神我們就土鍋爐的結構型式、性能、制造工艺及材料等进行介紹比較，同时对已选定的結構型式的有关布置及尺寸等提供一些意見以作参考。因目前尚无适用于各种小型鍋爐的整套簡便計算方法，如不能进行正規的計算可以在可靠基础上进行估計，通过試制运行后进一步改进。

1. 有关結構型式的几点建議 小型鍋爐从大的方面分有烟管鍋爐和水管鍋爐两种。烟管鍋爐虽有結構簡單、移动方便等优点，但因傳热差，水循环不可靠，管子易于腐蝕燒坏，安全可靠差等缺点，故不作推荐。水管鍋爐在这几方面都显示了絕对的优越性。为了簡化結構，节省鋼板采用單汽包是比較恰当的。因此，我們推荐單汽包的水管型鍋爐。

为了保証水管鍋爐水循环的可靠性，建議下降管应尽可能不受热或少受热。对單獨組成一循环水路的沸騰管束而言下降管应置于溫度較低的烟道內。下降管的总流通截面應該足够大，一般为上升管总截面的20~30%。接入汽包的上升管最好有一斜角以免水平放置时汽水分層腐蝕鋼管，非垂直放置的对流管束其中心綫与水平綫間所成的斜角应不小于 20° 。在汽水通道上应尽可能减少弯角以减少阻力。

为了制造和清洗方便，管子最好用直管。当用直管作剛性連接时应考虑到受热后自由膨脹的可能性。除了用直管外，为提高傳热效率

节省金屬應該用小直徑的管子。蒸發受熱面的管子直徑可小到51公厘。過熱器管子直徑可小到38公厘。為了使燃燒完全，應在一定的鍋爐總高度下提高爐膛的高度，一般以不小于0.8公尺為宜。在不使結構複雜化的情況下，採用布置有水冷壁的鍋爐型式是有利的。如有過熱器的話，過熱器不宜放在鍋爐尾部的低溫區域，也不宜緊靠在爐膛出口處，應放在對流受熱面的中部溫度較高的區域內是恰當的。如果有條件也可以選擇鍋爐尾部裝有鑄鐵省煤器的結構型式。

整個鍋爐的結構應便於煙氣的流通，以減少阻力。轉角應盡可能少，以避免煙氣沖刷受熱面時存在死角降低傳熱效率。

將汽機的乏汽從鍋爐煙囪中排出可以提高通風能力。為了便於調節鍋爐負荷可在煙囪中加裝擋煙板。

鍋爐的爐牆可用耐火磚或紅磚砌成，應注意嚴密，以免漏風降低鍋爐效率。爐牆的結構應便於裝拆和檢修。爐牆的厚度應不小于300公厘。蒸發量在1噸/時以下的鍋爐給水可用注水器（水抽子）。但最好能用水泵連續給水，以使鍋爐運行穩定。通過皮帶傳動直接用蒸汽機帶動一只往復水泵是比較簡單的。

為了鍋爐的正常運行和安全可靠起見，在汽包上應裝有安全閥、壓力表和兩只水位表。安全閥應根據汽包內的工作壓力選購或製造，壓力表和水位表均應裝在易于觀測的地方。

2. 有關設計計算的幾點意見 目前供全民辦電用的土鍋爐容量約在1噸/時左右。根據現有的資料從節省金屬、簡化結構和安全運行幾方面考慮，用單汽包直水管型在一般情況下是較好的。爐子則用人工加煤的爐條爐排比較合適。在根據汽機要求決定了鍋爐的蒸發量、蒸汽壓力和蒸汽溫度以後選定了型式便可以選擇爐排面積及爐膛高度。

爐排面積的大小主要決定於鍋爐的蒸發量及燃料的特性。對於土鍋爐如果燒煤可以忽略燃料特性這一影響因素。就現有小型鍋爐的數據來看每1噸/時蒸發量約需 $1.4 \sim 1.6$ 公尺²的爐排面積。如無乏氣通風或燃用無煙煤或多水多灰的劣質煤時，爐排面積應適當加大。但過大的爐排面積會因漏風太大而降低爐子的效率，反之爐排面積太小會

影响爐子的稳定燃燒，往往成为鍋爐出力不足的原因之一。爐膛有效高度最好不低于 0.8 公尺，爐膛高度不够高或爐膛容积不够大，則化学未完全燃燒損失增加，就会降低鍋爐效率。爐膛过高也是不必要的，这反而会使爐子尺寸增大，造价也随之提高。一般的說在爐牆上排列水冷壁管是有利的，它可以有效地吸收輻射热，較之相同面积的对流受热面吸热量要大。但若装設过多过密反而会降低其吸热利用率，而且会大大降低爐膛出口处的烟气温度，因而使后部受热面的利用率降低。通常小型鍋爐水冷壁管的中心距与其直徑之比約在 2.0~2.5 左右。为了减少金屬耗量水冷壁管的直徑不应过大，但是过小的直徑特别当因水质不良内部結垢的情况下会阻塞水循环，从而影响到鍋爐工作的安全性。目前用得普遍的水冷壁管直徑是 51、57、63 公厘等。加装水冷壁管后把爐膛出口处的烟气温度限制在 850°C 左右的范围中是很适宜的。在决定了爐子的結構以后，便应该确定对流管束的布置(最主要的是估計受热面的大小)。为了保证額定的蒸發量就需要一定的蒸發受热面，也就是說受热面的大小首先是决定于蒸發量。如果能知道受热面的蒸發强度，即一平方公尺的受热面在一小时内能够产生多少公斤蒸汽，那么就很容易估計出所需受热面的大小了。不过受热面的蒸發强度对于各种型式的鍋爐都是不同的，它因鍋爐的結構型式、烟气流速、排烟温度及蒸汽参数等而变，有时相差頗大；目前国内生产的小型鍋爐受热面的蒸發强度大都在 20~40 公斤/公尺²-时的范围内。显然我們从提高受热面的利用率节省金屬耗量着想，希望蒸發强度愈大愈好，也就是提高烟气流速及排烟温度，采用小直徑的管子等。不过它也受許多因素所限制，特别是提高烟速，限制于通風的能力；提高排烟温度就降低了热效率。

沸騰管束布置在烟道中其中心綫最好与烟气流動方向垂直亦即橫向冲刷，如此傳热效率高。沸騰管束的直徑一般为 51、57、63、76 公厘，沸騰管束的管排与管排之間最好成交叉排列。管子之間的中心距与直徑之比在順烟气方向亦即縱向时应在 1.0~1.5 的范围内，而在橫向时应在 2.0~3.0 的范围内，有时为了提高烟气流速可将沸騰管束隔

成几个部分。比較理想的烟气流速是在 $6 \sim 8$ 公尺/秒左右的範圍內。按照上述推荐数据設計成的对流管束布置在进口烟气温度为 850°C 左右的烟道中其受热面的蒸發强度約可达到 30 公斤/公尺²-时左右。按照这个蒸發强度, 根据蒸發量便可估算出所需蒸發受热面的大小, 再减去布置在爐膛中的輻射受热面便是沸騰管束的受热面积了。如果要得到过热蒸汽, 則应在鍋爐中加装过热器。过热器受热面的大小除与上述那些影响蒸發受热面的因素有关以外, 还与过热蒸汽的温度及其流速有关。受热面的布置及其大小直接影响到鍋爐出口的过热蒸汽温度。如果过热蒸汽温度低便不合乎汽机的要求, 影响額定出力; 过热蒸汽温度高又为汽机的工作条件所不允許。所以蒸汽过热器受热面的大小除只需稍加过热和要求不高者外, 一般應該通过比較可靠的計算来决定。在布置上也希望橫向冲刷, 其管徑一般为 38、44 公厘; 橫向节距与直徑之比在 2.0 左右, 过热器部分的烟气流速約在 $6 \sim 9$ 公尺/秒左右, 在管中的蒸汽平均流速可在 $10 \sim 20$ 公尺/秒的範圍內。这个流速不宜过低, 否則非但要减少傳热而且易使管壁温度提高, 縮短使用期限; 这个流速取得过高也会使压力損失增加。

过热器通常布置在进口烟气温度为 $600^{\circ}\text{C} \sim 800^{\circ}\text{C}$ 的烟道中。就烟气流动方向而言, 它可位于沸騰管束之前亦可位于沸騰管束之后, 或在其中間。当放在沸騰管束之前时, 应在过热器前加装适当的受热面以免过热器見火。如果在上述建議範圍中对于 1 吨/时的鍋爐在 13 表压下过热温度为 250°C 时布置約需 2 平方公尺的受热面是大致相宜的。其它条件不变, 过热温度改为 300°C 时, 受热面則要加大到 $3.5 \sim 4$ 平方公尺左右。

对于我們所探討的土鍋爐来講, 要不要加装省煤器这是一个值得研究的問題。實質上这是解决選擇一个恰当的排烟温度的問題。这不仅要考虑到經濟的得失, 而且要根据各地的材料情况来加以确定。一般來說加装省煤器以后, 可以进一步降低排烟温度提高鍋爐效率从而节省燃料費用, 但是也要多花費一些金屬。

我們認為对土鍋爐而言排烟温度取在 300°C 左右的範圍中是比較

合适的。如果有鑄鉄做省煤器加裝在鍋爐后部是有利的，而且可以減去一小部分沸騰管束，不過鑄鉄省煤器的鑄造和加工是比較困難的，條件不許可可以不裝。一般的說在爐膛后部加裝適當數量的受熱面，已經可以把排煙溫度限制在上述較為經濟的範圍中。省煤器所在區域的煙氣溫度在 $\sim 500^{\circ}\text{C}$ 以下，煙氣流速在 $6\sim 9$ 公升/秒範圍較為適當，一般的是1公斤水在省煤器中加熱升高 1°C 相應地煙氣溫度約降低 $1.5\sim 3.0^{\circ}\text{C}$ 。據此可以按比較經濟的排煙溫度確定省煤器出口的水溫，這個溫度應低於在相當壓力下水的沸點 40°C 以上。進入省煤器時的水速不應低於 0.3 公尺/秒；進水壓力應略高於汽包內的壓力；進水最好用水泵連續給水以使鍋爐工作穩定。

設計鍋爐時常遇到的另一個問題是確定汽包的尺寸，顯然它与鍋爐的容量及受熱面的布置有關。通常汽包的長度是按照上升管或下降管的極限位置來定的，如果汽包是橫放，汽包的長度可略大於鍋爐的寬度。如果是縱放，可比鍋爐深度再放長一些。如此汽包就可以直接支承在兩邊牆上，汽包的直徑通常是根據蒸發量而定的汽水容積的大小來決定。汽水容積比較大時鍋爐工作比較穩定，但是耗費的鋼板也就多；汽水容積比較小時汽壓容易波動操作比較緊張一些，鋼材耗量可以減少一些。就現有小型鍋爐來看對1噸/時的土鍋爐有不小於1立方公尺的水容積已經足夠了。其它容量的土鍋爐亦可按此推算。在計算時水容積通常取等於汽包總容積的一半再加上全部蒸發管容積的二分之一。當已經排定鍋爐的蒸發管和確定了汽包長度以後便可換算出汽包的直徑了。根據這個計算得出的汽包尺寸可以算出占整個汽包容積一半的蒸汽容積的大小。如果算出的這個數值相對於1噸/時的容量不小於0.45立方公尺的話，那麼便認為是允許的。在計算時有可能因原設計汽包長度偏小而直徑顯得過大，這時應適當地加長而相應地減小直徑。汽包的壁厚應按強度計算決定。強度計算的具體公式和方法請參閱鍋爐監察手冊第三分冊。汽包容汽空間及最低水位以下100公厘不應與火焰接觸。當汽包系用非鍋爐鋼板卷制時整個汽包均不應與火焰接觸，可塗以耐火泥，否則是不安全的。